

Annexe 2

Mathématiques

Classe terminale professionnelle

Sommaire

Préambule commun aux enseignements de mathématiques et de physique-chimie pour les classes de première et terminale

Intentions majeures

L'enseignement de mathématiques et de physique-chimie en classes de première et terminale de la voie professionnelle concourt à la formation intellectuelle, professionnelle et civique des élèves[1]. Il les prépare au baccalauréat professionnel dans l'objectif d'une insertion professionnelle ou d'une poursuite d'études supérieures réussies.

Le programme est conçu à partir des intentions suivantes :

- permettre à tous les élèves d'élargir leurs acquis dans les domaines des mathématiques et de la physique-chimie, afin de consolider leurs connaissances et leurs compétences dans ces domaines, dans une perspective d'évolution professionnelle et de formation personnelle ;
- approfondir la formation des élèves aux activités de nature mathématique, physique et chimique en poursuivant la pratique des démarches mathématique et expérimentale ;
- fournir aux élèves des outils mathématiques et scientifiques utiles aux enseignements généraux et professionnels ;
- assurer les bases mathématiques et scientifiques indispensables à la formation tout au long de la vie et à une éventuelle poursuite d'études ;
- participer au développement de compétences transversales qui contribuent à l'insertion sociale et professionnelle des élèves en leur permettant de devenir des citoyens éclairés et des professionnels capables de s'adapter à l'évolution des métiers liée entre autres à la transformation digitale et à la prise en compte des contraintes énergétiques et environnementales.

Compétences travaillées

Dans le prolongement des enseignements dispensés précédemment, cinq compétences communes aux mathématiques et à la physique-chimie sont travaillées. Elles permettent de structurer la formation et l'évaluation des élèves. L'ordre de leur présentation ne prescrit pas celui dans lequel ces compétences seront mobilisées par l'élève dans le cadre d'activités. Une liste non limitative de capacités associées à chacune des compétences indique la façon dont ces dernières peuvent être mises en œuvre. Leur niveau de maîtrise dépend de l'autonomie et de l'initiative requises dans les activités proposées aux élèves. Ces compétences sont plus ou moins mobilisées selon les activités et il convient de diversifier les situations afin de les développer toutes.

[1] Ici, comme dans l'ensemble du texte, le terme « élève » désigne l'ensemble des publics de la voie professionnelle : élève sous statut scolaire, apprenti ou adulte en formation.

Compétences	Capacités associées
S'approprier	- Rechercher, extraire et organiser l'information. - Traduire des informations, des codages.
Analyser Raisonner	- Émettre des conjectures, formuler des hypothèses. - Proposer une méthode de résolution. - Choisir un modèle ou des lois pertinentes. - Élaborer un algorithme. - Choisir, élaborer un protocole. - Évaluer des ordres de grandeur.
Réaliser	- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche. - Utiliser un modèle. - Représenter (tableau, graphique...), changer de registre. - Calculer (calcul littéral, calcul algébrique, calcul numérique exact ou approché, instrumenté ou à la main). - Mettre en œuvre un algorithme. - Expérimenter – en particulier à l'aide d'outils numériques (logiciels ou dispositifs d'acquisition de données…). - Faire une simulation. - Effectuer des procédures courantes (représentations, collectes de données, utilisation du matériel…). - Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité à partir d'un schéma ou d'un descriptif. - Organiser son poste de travail.
Valider	- Exploiter et interpréter les résultats obtenus ou les observations effectuées afin de répondre à une problématique. - Valider ou invalider un modèle, une hypothèse en argumentant. - Contrôler la vraisemblance d'une conjecture. - Critiquer un résultat (signe, ordre de grandeur, identification des sources d'erreur), argumenter. - Conduire un raisonnement logique et suivre des règles établies pour parvenir à une conclusion (démontrer, prouver).
Communiquer	À l'écrit comme à l'oral : - rendre compte d'un résultat en utilisant un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ; - expliquer une démarche.

Quelques lignes directrices pour l'enseignement

- **La bivalence**

La conduite de l'enseignement des mathématiques et de la physique-chimie ne se résume pas à une juxtaposition des trois disciplines. Il est souhaitable qu'un même professeur les prenne toutes en charge pour garantir la cohérence de la formation mathématique et scientifique des élèves.

La physique et la chimie utilisent des notions mathématiques pour modéliser les situations étudiées. Parallèlement, certaines notions mathématiques peuvent être introduites ou éclairées à partir de situations issues de la physique ou de la chimie.

- **La maîtrise de la langue française**

Faire progresser les élèves dans leur maîtrise de la langue française est l'affaire de tous les enseignements. Réciproquement, la maîtrise de la langue est nécessaire pour les apprentissages dans tous les enseignements. En effet, le langage est un outil, non seulement pour s'approprier et communiquer des informations à l'écrit et à l'oral, mais également pour élaborer sa pensée.

Le professeur veille, au travers de son enseignement, à aider les élèves à surmonter certains obstacles de compréhension, notamment ceux liés à la prise d'informations et à leur interprétation (postulats implicites, inférences, culture personnelle, polysémie de certains termes en mathématiques et physique-chimie, usages spécifiques dans ces disciplines de certains noms communs de la langue française…).

Il importe de laisser les élèves s'exprimer, à l'oral comme à l'écrit, lors de productions individuelles ou collectives réalisées en classe ou au-dehors, en les aidant à structurer leurs propos. Il est souhaitable de les faire participer le plus souvent possible à la construction de la trace écrite de synthèses de cours, d'investigations, de simulations ou de découvertes. Il est indispensable de vérifier la qualité syntaxique et orthographique des écrits ou celle de l'expression orale des élèves et de leur apporter les corrections nécessaires.

- **La co-intervention**

La co-intervention donne une dimension concrète aux apprentissages et permet à l'élève d'acquérir une vision globale des enseignements qu'il reçoit. Cette modalité pédagogique donne lieu à des séances au cours desquelles le professeur de mathématiques ou de physique-chimie et celui de l'enseignement professionnel concerné interviennent ensemble devant les élèves. L'analyse de situations problématisées, déterminées conjointement par les deux professeurs à partir du référentiel d'activités professionnelles et dans le cadre des programmes de mathématiques et de physique-chimie, permet aux élèves de :

- acquérir des compétences du domaine professionnel et des capacités et connaissances du programme de mathématiques ou de physique-chimie ;
- acquérir des compétences du domaine professionnel et de réinvestir, dans un nouveau contexte, des capacités et des connaissances déjà acquises dans le cours de mathématiques ou de physique-chimie ;
- réinvestir, dans un nouveau contexte, des compétences déjà acquises dans le domaine professionnel et acquérir des capacités et des connaissances du programme de mathématiques ou de physique-chimie ;
- réinvestir, dans un nouveau contexte, des compétences, des capacités et des connaissances déjà acquises en enseignement professionnel et dans le cours de mathématiques ou de physique-chimie.

- **Développement durable et transition écologique et énergétique**

Les problématiques liées au développement durable et à la transition écologique et énergétique doivent figurer au cœur des préoccupations des élèves et des enseignants.

Dans ce contexte, le choix des applications ou exemples de contextualisation proposés aux élèves en mathématiques ou en physique et chimie doit, autant que faire se peut, être associé à une réflexion sur les problématiques de protection de l'environnement, d'efficacité énergétique ou d'adaptation au changement climatique, y compris dans leur dimension économique ou sociale.

En particulier, les activités ou projets associant mathématiques, physique-chimie et enseignement professionnel, notamment dans le cadre de la co-intervention et/ou du chef-d'œuvre, sont des moments privilégiés pour faire prendre conscience aux élèves de la pluralité et de l'interdépendance des approches mises en œuvre pour garantir un développement durable.

- **La diversité des activités de l'élève**

La diversité des activités et des travaux proposés permet aux élèves de mettre en œuvre la démarche scientifique et la démarche mathématique dans toute leur variété.

Les travaux réalisés hors du temps scolaire permettent, grâce à l'autonomie laissée à chacun, le développement de la prise d'initiative tout en assurant la stabilisation des connaissances et des compétences. Ces travaux, courts et fréquents, doivent être adaptés aux aptitudes des élèves. Ils contribuent, par ailleurs, à mieux préparer une éventuelle poursuite d'étude dans l'enseignement supérieur où il est attendu des étudiants qu'ils fournissent un travail personnel et autonome.

Le travail de groupe, par sa dimension coopérative et ses interactions, est l'occasion de développer l'ouverture aux autres, la confiance, l'entraide, éléments essentiels dans le monde du travail et dans la vie de citoyen.

Les activités de type « résolution de problème », individuelles ou en groupe, qui exigent initiative et autonomie de la part de l'élève, sont à encourager. Dans le cadre de ce type d'activités, l'élève cherche, teste, valide, prend le risque de se tromper. Il apprend à tirer profit de ses erreurs, grâce au professeur (ou à son groupe) qui l'aide à les identifier, à les analyser et à les surmonter. Ce travail sur l'erreur participe à la construction de ses apprentissages et au développement de la confiance en soi.

Le professeur veille à établir un équilibre entre les divers temps de l'apprentissage :

- les temps de recherche, d'activité, de manipulation ;
- les temps de dialogue et d'échange, de verbalisation ;
- les temps de synthèse où le professeur permet aux élèves d'accéder à l'abstraction et à la décontextualisation des activités ;
- les temps de recherche d'exercices et de problèmes ;
- les temps dévolus aux rituels, ayant pour objectif de consolider les connaissances et les méthodes ;
- les temps d'analyse des erreurs.

- **La trace écrite**

Lorsque les problématiques traitées sont contextualisées (issues du domaine professionnel, des autres disciplines ou de la vie courante), il est indispensable qu'après leur traitement, le professeur mette en œuvre une phase de décontextualisation au cours de laquelle sera rédigée une synthèse des activités menées. Cette synthèse décontextualisée, trace écrite laissée sur le cahier de l'élève, permet de mettre en évidence et de définir les modèles et lois que les élèves pourront utiliser dans d'autres contextes et, ainsi, consolider les savoirs. Elle doit être courte, fonctionnelle et avoir un sens pour l'élève.

- **Le travail expérimental ou numérique**

Le travail expérimental consiste en des manipulations pratiques avec ou sans utilisation d'outils numériques. L'utilisation de calculatrices ou d'ordinateurs, outils de visualisation et de représentation, de calcul, de simulation et de programmation, fournit de nombreuses occasions d'expérimenter, d'émettre des conjectures et de traiter des données statistiques fournies ou recueillies lors d'une expérimentation en physique-chimie. Les va-et-vient entre expérimentation, formulation et validation font partie intégrante de l'enseignement des mathématiques et de la physique-chimie. L'utilisation régulière des outils numériques intervient selon plusieurs modalités :

- par le professeur, en classe, avec un dispositif de visualisation collective adapté ;
- par les élèves, sous forme de travaux pratiques de mathématiques ;
- dans le cadre du travail personnel des élèves hors du temps de classe (par exemple au centre de documentation et d'information) ;
- lors des séances d'évaluation.

En physique-chimie, les activités expérimentales permettent notamment de développer chez les élèves les capacités suivantes :

- exécuter un protocole expérimental en respectant et/ou en définissant les règles élémentaires de sécurité ;
- réaliser un montage à partir d'un schéma ou d'un document technique ;
- utiliser des appareils de mesure et d'acquisition de données ;
- rendre compte des observations d'un phénomène ou de mesures ;
- exploiter et interpréter les informations obtenues à partir de l'observation d'une expérience réalisée ou d'un document technique.

- **L'évaluation des acquis**

L'évaluation des acquis est indispensable au professeur dans la conduite de son enseignement comme aux élèves dans la construction de leurs apprentissages. Il appartient au professeur d'en diversifier le type et la forme : évaluation expérimentale, écrite ou orale, individuelle ou collective, avec ou sans outil numérique. Les évaluations, dont les critères doivent être explicités, sont conçues comme un moyen de faire progresser les élèves, d'analyser leurs apprentissages et de mieux adapter l'enseignement dispensé à leurs besoins. On privilégiera des évaluations courtes mais fréquentes, afin de fournir aux élèves des retours réguliers sur leurs progrès et les démarches à mettre en œuvre pour améliorer leur réussite.

Programme de mathématiques

Dans la continuité des programmes des classes de seconde et de première, le programme de mathématiques de la classe terminale vise à développer :

- l'apprentissage de savoirs et de raisonnements mathématiques, notamment à travers la démarche de résolution de problèmes ;
- les outils et techniques mathématiques nécessaires aux autres disciplines ou à la poursuite d'études ;
- l'autonomie, la persévérance dans la recherche d'une solution, l'esprit critique, le souci d'argumenter sa pensée par un raisonnement logique, la qualité et la rigueur de l'expression écrite et orale, l'esprit de collaboration dans un travail d'équipe. Ces aptitudes sont indispensables, en particulier à la réussite d'études supérieures.

L'utilisation des outils numériques trouve naturellement sa place dans l'enseignement des mathématiques.

Au-delà du cours de mathématiques, l'élève consolide sa compréhension des notions enseignées en les mobilisant dans des situations travaillées dans les autres disciplines ou dans le domaine professionnel.

Les mathématiques fournissent des outils conceptuels et pratiques utiles pour mesurer et comprendre les phénomènes liés au développement durable et à la transition écologique et énergétique.

La résolution de problèmes, présente dans tous les domaines des mathématiques, permet aux élèves de s'exprimer, d'échanger, de communiquer, d'acquérir une autonomie de jugement et de pensée, tout en développant leur esprit d'initiative. Elle offre aussi la possibilité d'une coopération entre élèves, tant dans le cadre des cours ordinaires que dans celui de la co-intervention.

Le développement d'un mode de pensée algorithmique est un des éléments constitutifs de la formation mathématique. Il ne s'agit plus seulement d'utiliser des outils numériques (calculatrices, logiciels de géométrie) pour l'enseignement, mais d'intégrer à l'enseignement des mathématiques une composante qui recouvre l'algorithmique, la programmation et l'utilisation du tableur. Cette dimension s'inscrit de manière transversale dans le cours de mathématiques et repose sur un nombre limité d'éléments de syntaxe du langage utilisé et de fonctionnalités spécifiques aux outils utilisés.

La démarche mathématique s'appuie sur cinq compétences qui sont explicitées dans le tableau des compétences et capacités associées figurant dans le préambule commun aux enseignements de mathématiques et de physique-chimie pour les classes de première et terminale.

Les compétences d'expression orale et écrite, à la fois usuelles et spécifiques, sont développées au travers d'activités nécessitant de :

- être capable de lire des textes, des schémas, des représentations d'objets de l'espace ;
- prendre des initiatives en mobilisant et en articulant connaissances et capacités ;
- faire preuve d'esprit critique, notamment dans la phase de validation des résultats ;
- expliquer la démarche utilisée et communiquer avec rigueur, à l'oral ou à l'écrit, les résultats obtenus.



Organisation du programme

Le programme de mathématiques de la classe terminale est constitué des domaines de connaissances suivants :

- statistique et probabilités ;
- algèbre - analyse ;
- géométrie.

Pour les mathématiques, les spécialités de baccalauréat professionnel sont réparties en trois groupements A, B et C, conformément à la liste publiée et actualisée par le ministère.

Le domaine *Statistique et probabilités* se compose de deux modules.

Le domaine *Algèbre - Analyse* se compose de quatre modules. Le module « Calculs commerciaux et financiers » est uniquement au programme des spécialités ne comportant pas d'enseignement de physique-chimie.

Le domaine *Géométrie* se compose de deux modules. Le module « Vecteurs » est uniquement au programme des spécialités de baccalauréat professionnel du groupement B et le module « Trigonométrie » uniquement au programme des spécialités de baccalauréat professionnel du groupement A.

En complément de ces domaines de connaissances, trois modules sont abordés : « Automatismes », « Algorithmique et programmation », « Vocabulaire ensembliste et logique ». Ces modules ne doivent pas faire l'objet de cours spécifiques, mais doivent être travaillés lors de l'étude des différents domaines du programme.

Pour chaque module sont indiqués :

- les objectifs ;
- les liens avec la classe de première professionnelle ;
- les capacités et connaissances exigibles ;
- des exemples d'algorithmes ou d'activités numériques.

Certains modules comportent des commentaires qui précisent, entre autres, les limites du programme et des approfondissements possibles.

Les domaines du programme de physique-chimie qui nécessitent la mise en œuvre de capacités et connaissances de mathématiques sont indiqués, dans la rubrique intitulée « Dans le cadre de la bivalence », à la fin des modules concernés afin de garantir la cohérence de la formation scientifique.

Des modules complémentaires sont abordés lors de la préparation à une poursuite d'études dans le cadre de l'accompagnement au choix d'orientation prévu dans la grille horaire.

Statistique et probabilités

L'objectif de ce domaine est d'approfondir le travail commencé les années antérieures dans le domaine de la statistique et des probabilités à travers l'étude de situations plus complexes. La notion d'ajustement est étendue à d'autres modèles que l'ajustement affine. Les modèles probabilistes rencontrés permettent d'exploiter des situations diverses dans lesquelles interviennent les notions de conditionnement ou d'indépendance.

Ce domaine a pour objectifs principaux de :

- consolider et approfondir les notions concernant les statistiques à deux variables et l'ajustement (affine ou non) ;
- consolider et approfondir la notion de probabilité conditionnelle ;
- introduire les arbres pondérés pour représenter une situation aléatoire donnée ;
- exploiter les arbres pondérés pour calculer des probabilités ;
- introduire la notion d'indépendance.

Cette partie du programme se prête particulièrement à l'étude de situations concrètes, et notamment celles qui sont liées aux problématiques du changement climatique et du développement durable ; des données réelles seront dans ce cas privilégiées.

- **Statistiques à deux variables (groupements A, B et C)**

Objectifs

L'objectif de ce module est d'approfondir la notion d'ajustement. Des situations, issues en particulier du domaine professionnel et de la vie économique et sociale, servent de support aux activités et tirent parti des possibilités offertes par les outils numériques.

Liens avec la classe de première professionnelle

En classe de première, les élèves ont découvert quelques notions sur les statistiques à deux variables et l'ajustement affine. En classe terminale, ils consolident les acquis de la classe de première et rencontrent de nouveaux types d'ajustement. Cela permet de réinvestir des fonctions étudiées en classe terminale telles que la fonction logarithme décimal ou les fonctions exponentielles.

Capacités et connaissances

Capacités	Connaissances
À l'aide d'outils numériques : - choisir un modèle adapté pour réaliser un ajustement d'un nuage de points associé à une série statistique à deux variables ; - utiliser un ajustement pour interpoler ou extrapoler des valeurs inconnues.	Ajustement d'un nuage de points associé à une série statistique à deux variables quantitatives.

Commentaires

- Les ajustements réalisés ne sont pas uniquement affines.
- Aucune justification théorique du modèle choisi n'est attendue.
- On indique aux élèves l'ajustement à réaliser (ajustement de x en y ou de y en x).

On propose aux élèves quelques exemples pour lesquels on se ramène à un ajustement affine d'un nuage de points après avoir effectué un changement de variable indiqué aux élèves (par exemple, $z = \log(y)$, $z = 1/x$, $z = q^x$…). Ces exemples pourront être présentés lors de l'étude des fonctions intervenant dans ces changements de variable. La valeur du coefficient de détermination, entre les nouvelles variables, calculée à l'aide d'outils numériques, peut être un indicateur de la pertinence du modèle linéaire conjecturé obtenu avant de revenir à la relation liant les variables initiales. Ces changements de variable seront également l'occasion de réinvestir les propriétés opératoires de certaines fonctions et en particulier celles de la fonction logarithme décimal ou des fonctions exponentielles de base q.

Dans le cadre de la bivalence

Ce module est mis en œuvre dans les domaines *Mécanique* et *Électricité* du programme de physique-chimie.

- **Probabilités (groupements A, B et C)**

Objectifs

L'objectif de ce module est de modéliser des situations aléatoires par des arbres de probabilités pondérés afin de déterminer des probabilités. Ces situations sont liées à des domaines variés : économie, industrie, domaine médical, développement durable, changement climatique, etc.

Liens avec la classe de première professionnelle

En classe de première, les élèves ont traduit des événements en langage ensembliste et calculé des probabilités liées à des situations concernant des événements équiprobables ou non. Ils ont exploité des tableaux croisés d'effectifs ou de fréquences, des diagrammes, et ont découvert les notions de fréquence conditionnelle et de probabilité conditionnelle.

En classe terminale, les élèves apprennent à construire un arbre de probabilités pondéré en lien avec une situation donnée. Ils réinvestissent la notion de probabilité conditionnelle et abordent les expériences aléatoires à plusieurs épreuves. La notion d'indépendance est formalisée.

Capacités et connaissances

Capacités	Connaissances
Représenter par un arbre de probabilités pondéré une situation aléatoire donnée.	Arbres de probabilités pondérés : nœud, branche, chemin.
Exploiter la lecture d'un arbre de probabilités pondéré pour déterminer les probabilités des événements associés aux différents chemins. Dans des cas simples, calculer une probabilité à l'aide de la formule des probabilités totales.	Probabilité conditionnée par un événement de probabilité non nulle. Règles de calculs des probabilités. Formule des probabilités totales.
Montrer que deux événements sont indépendants.	Indépendance de deux événements de probabilités non nulles. Dans le cas d'événements indépendants : $P(A \cap B) = P(A) \times P(B)$

Commentaires

- Les premiers arbres pondérés et le vocabulaire associé sont introduits à partir des tableaux croisés d'effectifs vus en classe de première ; leur utilisation est ensuite généralisée aux cas d'expériences aléatoires à plusieurs épreuves, indépendantes ou non.
- La formule des probabilités totales est systématiquement mise en relation avec un arbre de probabilités pondéré et appliquée sans formalisme. Elle est présentée sur un exemple et peut illustrer, dans des situations simples, un raisonnement par disjonction de cas.



Algèbre – Analyse

Ce domaine permet de poursuivre la formation des élèves à la résolution de problèmes, notamment grâce à la modélisation. Il permet la mise en œuvre de démarches déjà rencontrées les années précédentes, en mobilisant le calcul numérique ou algébrique, le recours aux outils numériques dans le cadre de phénomènes plus complexes d'évolution discrète ou continue.

Les situations choisies seront, autant que faire se peut, en lien avec les métiers préparés et permettront de sensibiliser les élèves aux enjeux du changement climatique et du développement durable.

Les objectifs principaux de ce domaine sont de :

- modéliser une situation ;
- résoudre des problèmes en choisissant une méthode adaptée ;
- découvrir et étudier un nouveau type de suites et de nouvelles fonctions.

L'étude des fonctions est facilitée par l'utilisation de tableurs et de logiciels de géométrie dynamique.

L'utilisation des outils numériques permet d'étudier des situations que pourraient rencontrer les élèves dans d'autres disciplines ou dans le domaine professionnel. Il s'agit dans tous les cas d'éviter les excès de technicité liés aux calculs algébriques, à la résolution d'équations, d'inéquations ou de systèmes d'équations, ou à la construction de courbes représentatives de fonctions non étudiées.

- ### Suites numériques (groupements A, B et C)

Objectifs

L'objectif de ce module est d'apprendre à résoudre des problèmes concernant des phénomènes discrets modélisés par une suite numérique et plus particulièrement par une suite géométrique.

Liens avec la première professionnelle

En classe de première, les élèves ont appris à modéliser des phénomènes discrets à l'aide de suites numériques. Ils ont étudié les suites arithmétiques. En classe terminale, ils réinvestissent les suites arithmétiques en contexte et étudient les suites géométriques de raison strictement positive.

Capacités et connaissances

Capacités	Connaissances
Calculer un terme de rang donné d'une suite géométrique définie par son premier terme et par une relation de récurrence ou par l'expression du terme de rang *n*. Réaliser et exploiter une représentation graphique du nuage de points (n ; u_n) dans le cas où (u_n) est une suite géométrique. Déterminer le sens de variation d'une suite géométrique à l'aide de sa raison q avec $q > 0$ et de son premier terme.	Suites géométriques de raison strictement positive : - définies par la relation $u_{n+1} = u_n \times q$ et la donnée du premier terme ; - expression du terme de rang n en fonction du premier terme et de la raison ; - sens de variation.
Calculer la somme des n premiers termes d'une suite géométrique avec ou sans outils numériques.	Somme des n premiers termes d'une suite géométrique.

Exemples d'algorithmes ou d'activités numériques

- Calculer un terme de rang donné d'une suite géométrique.
- Calculer la somme d'un nombre fini de termes d'une suite numérique.
- Générer une liste de termes d'une suite géométrique et les représenter par un nuage de points de coordonnées $(n\ ,u_n)$.
- Déterminer le rang à partir duquel les termes d'une suite géométrique sont supérieurs ou inférieurs à une valeur donnée.

Commentaires

- La connaissance de la formule donnant la somme des n premiers termes d'une suite géométrique n'est pas exigée.
- La notation $\sum_{i=1}^{n} u_i$ peut être introduite en vue d'une poursuite d'études dans le supérieur.
- Le lien entre les suites géométriques et les fonctions exponentielles est établi.
- Pour illustrer l'utilisation d'une suite géométrique, des exemples de modélisation d'une évolution à taux fixe peuvent être proposés.

• Fonctions polynômes de degré 3 (groupements A, B et C)

Objectifs

L'objectif de ce module est d'étudier la fonction cube et les fonctions polynômes de degré 3.

Liens avec la première professionnelle

En classe de première, les élèves ont étudié les variations des fonctions polynômes de degré 2 à partir de l'étude du signe de leur fonction dérivée. En classe terminale, ils réinvestissent, sur les fonctions polynômes de degré 3, leurs connaissances concernant l'étude des variations d'une fonction et celles concernant le signe d'un polynôme de degré 2.

Capacités et connaissances

Capacités	Connaissances
Étudier la fonction cube : dérivée, variations, représentation graphique.	Fonction cube. Dérivée de la fonction cube.
Utiliser les formules et les règles de dérivation pour déterminer la dérivée d'une fonction polynôme de degré inférieur ou égal à 3. Dresser, à partir du signe de la dérivée, le tableau de variations d'une fonction polynôme de degré inférieur ou égal à 3. Exploiter le tableau de variations d'une fonction polynôme f de degré inférieur ou égal à 3 pour : - déterminer le nombre des solutions de l'équation $f(x) = c$, où c est un nombre réel ; - déterminer les éventuels extremums locaux de la fonction f.	Fonction polynôme de degré 3.

Exemples d'algorithmes ou d'activités numériques

- Déterminer un encadrement ou une valeur approchée par balayage d'une solution d'une équation du type $f(x) = g(x)$ lorsqu'on sait qu'elle existe dans un intervalle donné.



Commentaires

- Constater, à l'aide de la fonction cube, que le seul fait que la dérivée d'une fonction s'annule en un point ne suffit pas pour conclure que cette fonction possède un extremum local en ce point.
- Lorsque la dérivée d'une fonction polynôme de degré 3 n'est pas facilement factorisable, l'outil numérique peut permettre de déterminer les racines éventuelles de la dérivée ; ceci permet d'établir le tableau de variations de cette fonction.

• Fonctions exponentielles et logarithme décimal (groupements A, B et C)

Objectifs

L'objectif de ce module est d'apprendre à résoudre des problèmes concernant des phénomènes modélisables par la fonction logarithme décimal ou par une fonction exponentielle.

Les modélisations discrètes de phénomènes d'évolution sont l'occasion d'établir des liens avec les suites géométriques.

Capacités et connaissances

Capacités	Connaissances
Représenter graphiquement les fonctions exponentielles de base q, définies sur un intervalle donné, par $x \mapsto q^x$ (avec q nombre réel strictement positif et différent de 1). Utiliser les propriétés opératoires des fonctions exponentielles étudiées pour transformer des écritures numériques ou littérales.	Fonctions exponentielles de base q, définies sur un intervalle donné par $x \mapsto q^x$ (avec q nombre réel strictement positif et différent de 1). Variations des fonctions exponentielles de base q, définies sur un intervalle donné par $x \mapsto q^x$ (avec q nombre réel strictement positif et différent de 1). Propriétés opératoires des fonctions exponentielles étudiées.
Représenter graphiquement la fonction logarithme décimal sur un intervalle donné.	Fonction logarithme décimal $x \mapsto \log(x)$. Variations de la fonction logarithme décimal. Propriétés opératoires de la fonction logarithme décimal.
Résoudre par le calcul, graphiquement, ou à l'aide d'outils numériques des équations du type $q^x = a$ et $\log(x) = a$ ou des inéquations du type $q^x \geqslant a$ (ou $q^x \leqslant a$) et $\log(x) \geqslant a$ (ou $\log(x) \leqslant a$).	Résolution d'équations du type $q^x = a$ et $\log(x) = a$ ou d'inéquations du type $q^x \geqslant a$ (ou $q^x \leqslant a$) et $\log(x) \geqslant a$ (ou $\log(x) \leqslant a$).

Exemples d'algorithmes ou d'activités numériques

- Déterminer un encadrement ou une valeur approchée par balayage d'une solution d'une équation du type $f(x) = g(x)$ lorsqu'on sait qu'elle existe dans un intervalle donné.

Commentaires

- Les fonctions exponentielles sont à présenter sur l'ensemble des réels positifs comme prolongement, à des valeurs positives non entières, des suites géométriques de premier terme 1 et de raison q strictement positive. La fonction obtenue sur $\mathbb{R}^+$ est étendue à l'ensemble des réels en posant $q^{-x} = \frac{1}{q^x}$ et ses variations sont admises.

- En s'appuyant sur les propriétés des suites géométriques de raison strictement positive, différente de 1, les propriétés opératoires des fonctions $x \mapsto q^x$ et leurs variations sont admises après conjecture à l'aide d'outils numériques.
- La fonction logarithme décimal est introduite à partir de la fonction f définie par $f(x) = 10^x$ et de son tableau de variations : le logarithme décimal de b, pour b strictement positif, est défini comme l'unique solution de l'équation $10^x = b$.
- L'identité $\log(10^x) = x$ se déduit de la définition.
- Selon les besoins, on pourra présenter et utiliser du papier semi-logarithmique, notamment pour exploiter le tracé d'une droite sur ce type de support papier.

Dans le cadre de la bivalence

Ce module est mis en œuvre dans les domaines *Chimie* et *Signaux* du programme de physique-chimie.

- **Calculs commerciaux et financiers (pour les spécialités de baccalauréat professionnel ne comportant pas d'enseignement de physique-chimie)**

Objectifs

Ce module permet de réinvestir, lors de l'étude de situations mettant en œuvre des calculs commerciaux et financiers, les capacités et connaissances concernant les suites arithmétiques ou géométriques, les fonctions exponentielles et la fonction logarithme décimal.

Liens avec la première professionnelle

En classe de première, les élèves ont étudié des situations professionnelles dans lesquelles interviennent des intérêts simples, des taux proportionnels et des coûts. En classe terminale, ils étudient le cas des intérêts composés. Comme en classes de seconde et de première, ce module se prête à des séances de co-intervention.

Capacités et connaissances

Capacités	Connaissances
Calculer le montant du capital obtenu après n périodes d'un placement à intérêts composés. Déterminer la durée n de placement d'un capital initial c_0 à un taux t donné, pour obtenir un capital donné.	Intérêts composés. Formule $c_n = c_0(1 + t)^n$.
Compléter un tableau d'amortissement.	Emprunt : remboursement par annuités constantes, remboursement par amortissement constant. Coût d'un emprunt.
Calculer un taux mensuel équivalent à un taux annuel donné. Calculer un taux moyen.	Taux mensuel, taux annuel, taux moyen.

Exemples d'algorithmes et d'activités numériques

- Calculer le capital obtenu après n périodes de placement à intérêts composés.
- Calculer une durée de placement pour obtenir un capital donné à un taux de placement à intérêts composés connu.
- Calculer le montant des annuités, des mensualités dans le cadre d'un crédit.

– Calculer le coût d’un crédit.
– Calculer un taux moyen.

Commentaires

– La première ligne des tableaux d’amortissement proposés est fournie entièrement, la deuxième partiellement.
– L’enseignement de ce module se fera, dans la mesure du possible, en collaboration avec l’enseignement professionnel.

Géométrie

Ce domaine se compose de deux modules, le module « Vecteurs » destiné aux spécialités de baccalauréat professionnel du groupement B, le module « Trigonométrie » destiné aux spécialités de baccalauréat professionnel du groupement A. Ces modules permettent, chacun, d’approfondir et de compléter les notions étudiées en classes de seconde et de première, en lien avec des situations que pourraient rencontrer les élèves dans d’autres disciplines ou dans le domaine professionnel. Ils ont notamment pour objet d’apprendre à manipuler les vecteurs dans l’espace muni d’un repère orthonormé et d’approfondir l’étude des fonctions trigonométriques.

- ### Vecteurs (groupement B)

Objectifs

Ce module permet d’aborder le repérage et des notions vectorielles dans l’espace.

Liens avec la première professionnelle

En classe de première, les élèves ont revu les solides usuels et découvert la notion de vecteurs dans le plan. Ils ont appris à :

– reconnaître des vecteurs égaux, opposés, colinéaires ;
– calculer la norme d’un vecteur dans le plan muni d’un repère orthonormé.

En classe terminale, on étend à l’espace, sans formalisme, les notions vues en classe de première concernant les vecteurs du plan.

Capacités et connaissances

Capacités	Connaissances
Déterminer graphiquement les coordonnées d’un vecteur dans l’espace muni d’un repère orthonormé. Représenter, dans l’espace muni d’un repère orthonormé, un vecteur dont les coordonnées sont données.	Dans l’espace muni d’un repère orthonormé : - coordonnées cartésiennes d’un point ; - coordonnées d’un vecteur.
Calculer la norme d’un vecteur dans l’espace muni d’un repère orthonormé.	Norme d’un vecteur dans l’espace muni d’un repère orthonormé.
Calculer les coordonnées du vecteur somme de deux vecteurs dans l’espace muni d’un repère orthonormé.	Coordonnées du vecteur somme de deux vecteurs donnés dans l’espace muni d’un repère orthonormé.
Reconnaître, à l’aide de leurs coordonnées, des vecteurs égaux ou colinéaires dans l’espace muni d’un repère orthonormé.	Coordonnées du produit d’un vecteur par un nombre réel dans l’espace muni d’un repère orthonormé.

Commentaires

- Le lien entre le produit d'un vecteur par un réel et la colinéarité est établi.
- La norme d'un vecteur est définie comme la longueur d'un de ses représentants.

Dans le cadre de la bivalence

Ce module est mis en œuvre dans les domaines *Mécanique* et *Électricité* du programme de physique-chimie.

- **Trigonométrie (groupement A)**

Objectifs

L'objectif de ce module est d'apprendre à résoudre certaines équations trigonométriques et de faire découvrir un outil permettant d'ajouter ou de soustraire des tensions ou des intensités sinusoïdales de même fréquence. Son introduction s'appuie sur des exemples concrets issus du domaine professionnel ou de la physique. Ce module se prête à des séances de co-intervention.

Liens avec la première professionnelle

En classe de première, les élèves ont découvert le cercle trigonométrique et les fonctions sinus et cosinus. En classe terminale, ils font le lien entre vecteurs de Fresnel et fonctions trigonométriques. Ils apprennent à résoudre certaines équations trigonométriques.

Capacités et connaissances

Capacités	Connaissances
Établir des liens entre le vecteur de Fresnel d'une tension ou d'une intensité sinusoïdale de la forme $a\sin(\omega t + \varphi)$ et la courbe représentative de la fonction qui à t associe $a\sin(\omega t + \varphi)$.	Représentation de Fresnel d'une grandeur sinusoïdale.
Résoudre les équations de la forme : $\cos x = a$, $\sin x = b$ sur l'intervalle $]-\pi,\pi]$ et $\sin(\omega t + \varphi) = c$ sur un intervalle approprié au contexte.	Équations de la forme $\cos x = a$, $\sin x = b$ et $\sin(\omega t + \varphi) = c$ sur un intervalle donné.

Commentaires

- Ce module est traité en s'appuyant sur des exemples concrets issus du domaine professionnel.

Dans le cadre de la bivalence

Ce module est mis en œuvre dans le domaine *Électricité* du programme de physique-chimie.

Algorithmique et programmation (groupements A, B et C)

Ce module permet aux élèves de consolider et d'approfondir l'étude de l'algorithmique et de la programmation commencée dans les classes antérieures.

Liens avec la première professionnelle

En classe de première, les élèves ont travaillé sur les notions de variable, d'instruction conditionnelle et de boucle ainsi que sur l'utilisation des fonctions et ont découvert les listes. En classe terminale, ils approfondissent ces différentes notions.

En continuité avec les classes de seconde et de première, le langage utilisé est le langage Python.

Capacités et connaissances

Capacités	Connaissances
Analyser un problème. Décomposer un problème en sous-problèmes.	
Repérer les enchaînements logiques et les traduire en instructions conditionnelles et en boucles.	Séquences d'instructions, instructions conditionnelles, boucles bornées (for) et non bornées (while).
Choisir ou reconnaître le type d'une variable. Réaliser un calcul à l'aide d'une ou de plusieurs variables.	Types de variables : entiers, flottants, chaînes de caractères, booléens. Affectation d'une variable.
Modifier ou compléter un algorithme ou un programme. Concevoir un algorithme ou un programme simple pour résoudre un problème.	
Comprendre et utiliser des fonctions. Compléter la définition d'une fonction. Structurer un programme en ayant recours à des fonctions pour résoudre un problème donné.	Arguments d'une fonction. Valeur(s) renvoyée(s) par une fonction.
Générer une liste. Manipuler des éléments d'une liste (ajouter, supprimer, extraire, etc.). Parcourir une liste. Itérer une ou plusieurs instructions sur les éléments d'une liste.	Liste.

Commentaires

- Les notions abordées dans ce module ne font pas l'objet d'un cours spécifique et sont travaillées en situation.
- La maîtrise des propriétés des différents types de variables n'est pas attendue.
- Pour les fonctions en Python, dans des cas simples, on ne donne pas systématiquement aux élèves l'en-tête de la fonction (nom et arguments).
- Les notions relatives aux types de variables et à l'affectation sont consolidées. Pour un algorithme écrit en langage naturel, on utilise le symbole ← pour désigner l'affectation, alors qu'en langage Python, on utilise le signe =.
- L'accent est mis sur la programmation modulaire qui permet de découper une tâche complexe en tâches plus simples.
- Les listes peuvent être générées en extension, par ajouts successifs d'éléments, et en compréhension.
- La génération de listes en compréhension et en extension est mise en lien avec la notion d'ensemble. Les conditions apparaissant dans les listes définies en compréhension permettent de travailler la logique.
- Afin d'éviter toute confusion, il est recommandé de se limiter aux listes sans présenter d'autres types de collections.

Automatismes (groupements A, B et C)

Cette partie du programme vise à construire et entretenir des aptitudes dans les domaines du calcul, des grandeurs et mesures et de la géométrie. Il s'agit d'automatiser des connaissances, des procédures, des méthodes et des stratégies dont la bonne maîtrise favorise grandement la réussite scolaire en mathématiques et dans les autres disciplines, aide à la réussite d'études supérieures et constitue un réel atout dans la vie sociale. Plus les élèves gagnent en aisance sur ces automatismes, plus ils sont mis en confiance et en situation de réussite dans l'apprentissage des mathématiques. Ce faisant, on développe également leur esprit critique grâce à une meilleure maîtrise des nombres, des graphiques et du calcul.

Les capacités attendues énoncées ci-dessous n'ont pas vocation à faire l'objet d'un chapitre d'enseignement spécifique, car les notions qui les sous-tendent ont été travaillées dans les classes antérieures. Elles relèvent d'un entraînement régulier sur l'ensemble de l'année sous forme d'activités rituelles construites autour des intentions telles que : consolider et élargir les acquis antérieurs, rendre disponibles des réflexes en situation de résolution de problèmes, remémorer régulièrement des connaissances essentielles pour la suite des apprentissages, diagnostiquer des difficultés persistantes, etc. Ces activités rituelles sont menées parallèlement à celle habituelle de résolution de problèmes dont elles peuvent ou non être déconnectées en termes de contenus. Parmi les tâches proposées, la pratique de « questions flash » privilégiant l'activité mentale permet au professeur de tester et d'entraîner régulièrement les élèves sur les automatismes à acquérir. Les modalités de mise en œuvre doivent être variées et prendre appui sur différents supports : à l'oral, à l'écrit, individuellement ou en groupe, utilisant des outils numériques de vidéoprojection, de recensement instantané des réponses.

Liste non exhaustive d'automatismes à travailler

- Calcul de la probabilité : d'un événement, de l'événement contraire $\bar{A}$ connaissant celle de l'événement A.
- Calcul de la probabilité de la réunion d'événements incompatibles.
- Calcul de la probabilité de la réunion de deux événements.
- Calcul de la probabilité de l'intersection de deux événements.
- Exploitation de représentations de données : tableaux croisés d'effectifs, diagrammes.
- Calcul de probabilités conditionnelles.
- Calcul du terme de rang donné d'une suite arithmétique dont le premier terme et la raison sont donnés.
- Visualisation, à partir de la représentation graphique donnée d'une fonction polynôme f de degré 2, du nombre possible de solution(s) de l'équation $f(x) = 0$.
- Écriture de la forme factorisée d'un polynôme de degré 2 dont les racines et le coefficient dominant sont connus.
- Utilisation des formules et des règles de dérivation pour déterminer la dérivée d'une fonction polynôme de degré inférieur ou égal à 2.
- Construction d'un vecteur du plan[2] obtenu comme :
  - somme de deux vecteurs ;
  - produit d'un vecteur par un nombre réel non nul.

Les automatismes figurant dans les programmes de seconde et de première professionnelles continuent à être entretenus.

[2] Cet automatisme n'est à tester que dans les classes préparant à un baccalauréat du groupement A ou du groupement B.

Vocabulaire ensembliste et logique (groupements A, B et C)

L'apprentissage des notations mathématiques, de la logique et des raisonnements est transversal à tous les chapitres du programme des trois années de formation. Aussi, il importe de les travailler d'abord dans des contextes où ils se présentent naturellement, puis de prévoir des moments pour effectuer une synthèse de certains concepts ou une explicitation de types de raisonnement, après que ceux-ci ont été rencontrés plusieurs fois en situation.

Les élèves doivent connaître les notions d'élément d'un ensemble, de sous-ensemble, d'appartenance et d'inclusion, de réunion, d'intersection et de complémentaire et savoir utiliser les symboles de base correspondant : $\in$, $\subset$, $\cap$, $\cup$, ainsi que la notation des ensembles de nombres et des intervalles du type $[a ; b]$, $]a ; b[$, $[a ; b[$, $]a ; b]$ avec a et b réels. Ils rencontrent également la notion de couple.

Pour le complémentaire d'un sous-ensemble A de E, on utilise la notation des probabilités $\bar{A}$.

Pour ce qui concerne le raisonnement logique, les élèves rencontrent à la faveur d'exemples :

- les connecteurs logiques « et », « ou » ;
- le quantificateur « quel que soit » et le quantificateur « il existe » (les symboles $\forall$ et $\exists$ sont hors programme) ;
- des implications et équivalences logiques ;
- la réciproque d'une implication ;
- l'utilisation d'un contre-exemple pour infirmer une proposition universelle ;
- des raisonnements par disjonction des cas, des raisonnements par l'absurde.

Les élèves distinguent les utilisations possibles du symbole $=$ (égalité, identité, équation) et le statut des lettres utilisées (variable, indéterminée, inconnue, paramètre).

Programme complémentaire en vue de la préparation à une poursuite d'études

Objectifs

Le programme complémentaire de mathématiques est destiné à apporter des renforts notionnels aux élèves dans le cadre de l'accompagnement au choix d'orientation, en fonction de la poursuite d'études envisagée. Les modules du programme complémentaire à traiter seront déterminés en fonction du projet d'orientation de l'élève.

- **Calcul intégral**

Capacités et connaissances

Capacités	Connaissances
Déterminer les primitives des fonctions usuelles par lecture inverse d'un tableau des dérivées. Déterminer, avec ou sans outils numériques, les primitives d'une somme de fonctions, du produit d'une fonction par un réel.	Primitives d'une fonction sur un intervalle. La fonction F étant une primitive d'une fonction f sur un intervalle, $F + k$ (où k est une constante) est aussi une primitive de f. Primitives d'une somme de fonctions, du produit d'une fonction par un réel.

Calculer l'intégrale, sur un intervalle $[a, b]$, d'une fonction f admettant une primitive F, avec ou sans outils numériques. Interpréter l'intégrale d'une fonction définie et positive sur un intervalle $[a, b]$ comme une aire.	Définition de l'intégrale, sur un intervalle $[a, b]$, d'une fonction f admettant une primitive F sur cet intervalle : $\int_a^b f(x)\mathrm{d}x = F(b) - F(a)$

Commentaires

- Il n'est imposé aucune virtuosité calculatoire.
- Le calcul d'aire est plus spécifiquement destiné aux élèves choisissant une poursuite d'études dans le secteur industriel.
- Une approximation de la valeur de l'intégrale d'une fonction positive sur un intervalle $[a, b]$ par la méthode des rectangles peut être obtenue à l'aide des outils numériques.

- **Fonctions logarithme népérien et exponentielle**

Capacités et connaissances

Capacités	Connaissances
Étudier les variations et représenter graphiquement la fonction logarithme népérien, sur un intervalle donné. Utiliser les propriétés opératoires de la fonction logarithme népérien pour transformer des écritures numériques ou littérales.	Fonction logarithme népérien $x \mapsto \ln(x)$. Définition du nombre e. Propriétés opératoires de la fonction logarithme népérien.
Passer de $\ln(x) = a$ à $x = e^a$ et inversement, a étant un réel et x un réel strictement positif. Utiliser les propriétés opératoires de la fonction exponentielle pour transformer des écritures numériques ou littérales. Étudier les variations et représenter graphiquement la fonction exponentielle sur $\mathbb{R}$.	Fonction exponentielle de base e. Propriétés opératoires de la fonction exponentielle de base e.

Commentaires

- La fonction logarithme népérien $x \mapsto \ln(x)$ est la fonction définie sur l'ensemble des réels strictement positifs, qui s'annule en 1 et dont la dérivée est la fonction inverse.
- On pourra faire le lien entre la fonction logarithme népérien et la fonction logarithme décimal.
- Les propriétés opératoires de la fonction logarithme népérien sont admises.
- Le nombre e étant défini comme l'unique solution de l'équation $\ln(x) = 1$, la représentation graphique de la fonction $x \mapsto e^x$ est obtenue, à l'aide des outils numériques, à partir de celle de la fonction logarithme népérien.
- On fera remarquer que la fonction exponentielle introduite dans ce module est un cas particulier des fonctions $x \mapsto q^x$.

- ## Nombres complexes

Capacités et connaissances

Capacités	Connaissances
Calculer et interpréter géométriquement dans le plan rapporté à un repère orthonormé direct, la partie réelle, la partie imaginaire, le conjugué, le module d'un nombre complexe et un argument d'un nombre complexe non nul. Passer de la forme algébrique à la forme trigonométrique et réciproquement.	Forme algébrique : - partie réelle, partie imaginaire, conjugué, module ; - égalité de deux nombres complexes ; - représentation dans le plan rapporté à un repère orthonormé direct, affixe d'un point, d'un vecteur ; - somme, produit, quotient de deux nombres complexes ; - conjugué d'une somme, d'un produit, d'un quotient ; - module d'un produit et d'un quotient. Argument et forme trigonométrique d'un nombre complexe non nul.

Commentaires

– L'image de la somme et celle du produit de deux nombres complexes peuvent être illustrées à l'aide d'un logiciel de géométrie dynamique.

- ## Produit scalaire de deux vecteurs du plan rapporté à un repère orthonormé

Capacités et connaissances

Capacités	Connaissances
Utiliser les trois expressions du produit scalaire de deux vecteurs pour déterminer des longueurs et des angles.	Définition du produit scalaire de deux vecteurs du plan rapporté à un repère orthonormé.
	Propriétés du produit scalaire de deux vecteurs : $\vec{u}\cdot\vec{v}=\vec{v}\cdot\vec{u}$ $\alpha(\vec{u}\cdot\vec{v})=(\alpha\vec{u})\cdot\vec{v}$ $\vec{u}\cdot(\vec{v}+\vec{w})=\vec{u}\cdot\vec{v}+\vec{u}\cdot\vec{w}$
Reconnaître des vecteurs orthogonaux, à l'aide de leurs coordonnées dans un repère orthonormé.	Vecteurs orthogonaux : deux vecteurs $\vec{u}$ et $\vec{v}$ sont orthogonaux si et seulement si leur produit scalaire est nul.

Commentaires

– Le produit scalaire de deux vecteurs du plan rapporté à un repère orthonormé est défini par l'une des trois expressions suivantes ; les deux autres sont admises :
  - $\vec{u}\cdot\vec{v}=\frac{1}{2}(\|\vec{u}+\vec{v}\|^2-\|\vec{u}\|^2-\|\vec{v}\|^2)$;
  - Si $\vec{u}$ ou $\vec{v}$ est nul alors $\vec{u}\cdot\vec{v}=0$. Si $\vec{u}$ et $\vec{v}$ sont tous les deux différents du vecteur nul alors $\vec{u}\cdot\vec{v}=\|\vec{u}\|\times\|\vec{v}\|\times\cos\theta$ avec $\theta=(\vec{u},\vec{v})$. La notion d'angle orienté de vecteurs est abordée de façon intuitive.
  - Si les vecteurs $\vec{u}$ et $\vec{v}$ ont pour coordonnées respectives (x,y) et (x',y') alors $\vec{u}\cdot\vec{v}=xx'+yy'$.